

УДК 687.17:620.17

**ЧАСТОТНО-ПОЛЬОВА ОЦІНКА КОМФОРТНОСТІ ОДЯГУ**

Ю.О. СКРИПНИК, Н.П. СУПРУН, К.Л. ШЕВЧЕНКО, О.А. ВАГАНОВ

Київський національний університет технологій та дизайну

*Матеріали для виготовлення одягу, повинні забезпечувати не тільки захист людини від впливу навколишнього середовища, але і забезпечувати відчуття комфортності при експлуатації. У роботі запропоновано враховувати при оцінці комфортності матеріалів одягу електромагнітні характеристики матеріалів*

Науково обґрунтований раціональний вибір матеріалів для одягу різного призначення – актуальна проблема матеріалознавства. Сучасний конкурентноздатний одяг має суміщати багато функцій; однак найважливішою з них можна вважати забезпечення людині комфортних умов протягом усього періоду експлуатації, чого можна досягти правильним підбором матеріалів і конструкції.

Комфортність одягу визначається здатністю забезпечувати протягом усього часу експлуатації евакуацію вологи і підтримувати повітрообмін підодягового простору з навколишнім середовищем. Складність визначення комфортності одягу полягає в певній суб'єктивності оцінки, що залежить від особистого відчуття людини, від віку, статі, стану здоров'я, етнічної групи. Найчастіше комфорт або дискомфорт одягу визначають як відсутність будь-якого дискомфорту при його експлуатації. Дискомфорт з'являється у випадку коли тепло і волога, які виділяються тілом, достатньою мірою не відводяться у навколишнє середовище, а температура і відносна вологість повітря у підодяговому просторі підвищується. Комфортний одяг сприяє встановленню стану фізіологічної, психологічної і фізичної гармонії між людиною і навколишнім середовищем.

**Об'єкти та методи дослідження**

Сучасне поняття «комфортний одяг» включає три складові – термофізіологічний, нейрофізіологічний і психофізіологічний комфорт [1]. Якщо поняття психофізіологічного комфорту суб'єктивне і визначається особистим сприйняттям людини, то дві інші складові комфорту можуть бути визначені та оцінені. Нейрофізіологічний комфорт визначається мелано-залежними відчуттями при зіткненні тіла людини з матеріалами одягу (жорсткість, шорсткість тощо.). Термо-фізіологічний комфорт характеризує властивість організму пристосовуватися до змін у навколишньому середовищі з метою підтримки постійної температури і вологості шкіри, а також забезпечення нормального шкірного дихання за рахунок одягу.

Сучасна оцінка ступеня комфортності одягу найчастіше ґрунтується не стільки на визначенні відчуттів людини, скільки на вимірах конкретних показників характеристик підодягового простору та властивостей матеріалів, з яких виготовлено одяг. Кількісна оцінка показників комфортності дає можливість об'єктивно характеризувати ступінь комфортності і на цій основі раціонально вибирати матеріал і конструкцію одягу. Вдале поєднання сучасних матеріалів їх фізичних, механічних та хімічних властивостей дає можливість забезпечити необхідну температуру, вологість, повітрообмін і інші показники підодягового простору. Відхилення показників від фізіологічних норм і викликає відчуття дискомфорту. Комфортність матеріалів одягу можна визначити за формулою:

$$\Theta_i = \left(1 - \frac{\Delta q}{q_H}\right) \cdot 100\%, \quad (1)$$

де  $\Theta_i$  – показник комфортності по  $i$ -му параметру;  $\Delta q$  – відхилення  $i$ -го параметра від норми;  $q_H$  – номінальне значення  $i$ -го параметра (норма).

Якщо відхилення від фізіологічної норми буде відсутнє, то згідно з (1) комфортність буде дорівнювати у цьому випадку 100%.

#### **Постановка завдання**

Фізіологічні норми комфортного стану людини в одязі за температурою, вологістю, повітропроникністю, жорсткістю і шорсткістю матеріалів можна вважати визначеними [2]. Однак досвід показує, що не всі властивості матеріалів враховуються при оцінюванні комфортності. Є низка параметрів і характеристик матеріалів які досить складно визначаються. Особливо це відноситься до електромагнітних характеристик матеріалів, які недостатньо досліджені і кількісно не оцінені. Їхнє визначення може внести додаткову компоненту у загальну схему оцінювання комфортності одягу.

#### **Результати та їх обговорення**

Відомо, що на живі організми істотно впливають електромагнітні поля (ЕМП) і електромагнітні випромінювання (ЕМВ) навколишнього середовища. Причому природні ЕМП і ЕМВ є дуже слабкими, але при цьому діють на людей [3]. З іншого боку, самі живі організми є джерелами ЕМВ не тільки теплового (інфрачервоного) діапазону, але і радіочастотних випромінювань у діапазоні надвисоких частот (300 МГц – 300 ГГц) [4]. Фізіологічні процеси є регулюючими, особливо на клітинному рівні, є ЕМВ міліметрового та субміліметрового діапазонів довжин хвиль (30–3000 ГГц). Ці випромінювання виникають у результаті коливань клітинних мембран, які завжди заряджені за рахунок іонного внутрішньоклітинного переносу електрики [5]. Так, власні частоти коливань різних клітинних структур лежать саме в зазначеному діапазоні (частота коливань ДНК становить 2..9 ГГц, хромосом – 0,75..15 ГГц, геном кліток людини – 25 ГГц). Збіг власних частот коливань окремих кліток або клітинних структур із частотами опромінюючих міліметрових хвиль, викликає резонанс, що трансформує слабкі зовнішні впливи в істотні для організму структурні та інформаційні зміни. Крім того, людині, як і будь-якому нагрітому тілу, властиві теплові флуктуації носіїв електрики (електронів, іонів, дірок), які породжують радіотеплове випромінювання в широкому діапазоні надвисоких частот (НВЧ).

Матеріали одягу певною мірою впливають на потоки електромагнітної енергії, які виходять із організму людини, і на потоки електромагнітної енергії, що надходять із зовнішнього середовища. При цьому характер біофізичних ефектів від впливу ЕМВ визначається не тільки польовою структурою самих ЕМВ, але і довжиною хвилі її спектральних складових. Тому при проектуванні та виготовленні одягу необхідно враховувати частотно-польові характеристики матеріалів, які створюють певний електромагнітний бар'єр між зовнішнім середовищем і тілом людини (рис.1). При цьому матеріали одягу послабляють як зовнішнє ЕМВ від об'єктів навколишнього середовища (потік А), так і власні ЕМВ, що генеруються організмом людини (потоки Н і І). Крім того, матеріал одягу, нагрітий теплом людини, є джерелом додаткових ЕМВ (потік D), які взаємодіють із організмом людини. І хоча текстильні, шкіряні, плівкові та інші матеріали легкої промисловості відносяться до класу діелектриків і мають відносно

високу радіопрозорість, їх відбиваючими, проникними, поглинаючими, випромінюючими та іншими радіофізичними властивостями не можна нехтувати.

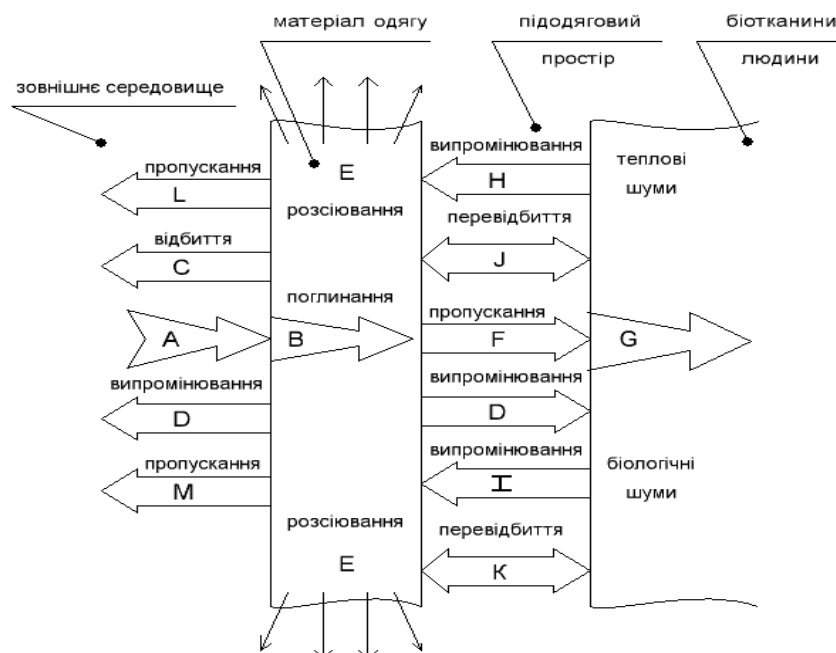


Рис.1 Модель взаємодії ЕМВ з матеріалом одягу та тілом людини:

**A** – потік ЕМВ від зовнішніх джерел; **У** – переломлений потік ЕМВ, що увійшов у матеріал; **С** – відбитий від матеріалу потік ЕМВ; **D** – потік радіотеплового ЕМВ матеріалу; **E** – потоки розсіювання ЕМВ; **F** – потік ЕМВ, що пройшов через матеріал; **G** – потік ЕМВ, що увійшов у тіло людини; **H** – радіотеплове ЕМВ тіла людини; **I** – біологічне ЕМВ організму людини; **J** – багаторазово відбите від матеріалу і шкіри радіотеплове ЕМВ; **K** – багаторазово відбите від матеріалу і шкіри біологічне ЕМВ; **L** – радіотеплове ЕМВ людини, що пройшло через матеріал; **M** – біологічне ЕМВ людини, що пройшло через матеріал

Тому три складові комфортності одягу, зазначені вище, повинні бути доповнені четвертою складовою – частотно-польовим комфортом, показники якого також повинні бути пронормовані.

Відбивна і проникна здатності матеріалів значною мірою визначаються їх структурою і сировинним складом. Так, для текстильних матеріалів важливе значення мають параметри будови (лінійна густина ниток, напрямок та ступінь скручування, наскрізна пористість та ін.), а також хімічний склад ниток і волокон, з яких складається текстильне полотно. Для електромагнітних хвиль (ЕМХ) матеріали для одягу представляють собою неоднорідне поглинаюче і розсіююче середовище, що має середній показник переломлення більший, ніж у повітря. Тому на границі розділу «тканина-повітря» частина ЕМВ відбивається (потік 3), а частина проникає в матеріал (потік В). За рахунок поглинання та розсіювання потік ЕМВ В зменшується в міру проходження через матеріал. Потік ЕМВ F, що пройшов через підодяговий простір, впливає на шкіряний покрив людини. Частина потоку G проникає в біотканини людини, де взаємодіє з молекулами речовини (дисоціація, електронне порушення, коливальне або оберতальне порушення). Характерним є резонансне поглинання різними структурами

біотканини електромагнітної енергії і, як наслідок, зміна слабких міжмолекулярних зв'язків [6]. У результаті виникає певна реакція організму на ЕМВ. Матеріал одягу, нагрітий до температури тіла людини, випромінює ЕМХ широкого частотного спектра в навколишнє середовище та у підодяговий простір (потоки D). Спектральна щільність радіотеплового випромінювання в діапазоні СВЧ визначається законом Релея-Джинса

$$J_{\nu} = \beta \cdot \frac{8\pi\nu^2}{c^2} \cdot kT, \quad (2)$$

де  $\beta$  – коефіцієнт випромінювальної здатності (сірості);  $\nu$  – частота випромінювання;  $k$  – постійна Больцмана;  $T$  – термодинамічна температура;  $c$  – швидкість поширення ЕМХ.

Як слідує з (2), спектральна щільність випромінювання  $J_{\nu}$  визначається частотою  $\nu$  та температурою нагрівання  $T$ . І хоча між матеріалом одягу і тілом людини практично відсутній температурний градієнт, електромагнітний обмін існує за рахунок розходжень у коефіцієнтах випромінювальної здатності матеріалу та шкіри людини. Якщо  $\beta_T$  тканини менше  $\beta_{до}$  шкіри людини, то відбувається відбір електромагнітної енергії людини і її розсіювання в навколишнє середовище. Якщо  $\beta_T = \beta_{до}$ , то роль шкіри людини починає виконувати матеріал одягу, тобто випромінювати в навколишній простір стільки, скільки випромінює людський організм без додаткового відбору енергії. Чим ближче випромінювальна здатність матеріалу до випромінювальної здатності шкіри людини, тим краще енергетичне узгодження матеріалу зі шкірним покривом людини. Недарма прийнято вважати, що одяг є другою шкірою людини. Тому кількісну оцінку комфортності матеріалу по випромінювальній здатності можна одержати відповідно до (1) зі співвідношення

$$\Theta_{\beta} = \left( 1 - \frac{J_{\nu K} - J_{\nu M}}{J_{\nu T}} \right) \cdot 100\%, \quad (3)$$

де  $J_{\nu K}$  – спектральна щільність випромінювання шкіри;  $J_{\nu M}$  – спектральна щільність випромінювання матеріалу;  $J_{\nu T}$  – спектральна щільність випромінювання абсолютно чорного тіла (матеріалу при  $\beta = 1$ ).

Значення  $J_{\nu T}$  можна визначити з формули (2), прийнявши коефіцієнт випромінювальної здатності  $\beta = 1$ . Значення  $J_{\nu K}$  також можна визначити по формулі (2) з урахуванням випромінювальної здатності шкіри людини. Остання, згідно [7], досить велика ( $\beta_{до} = 0,65$ ) у міліметровому діапазоні довжин хвиль. При температурі  $T = 310$  К (середній температурі тіла людини) на частоті випромінювання 52 ГГц спектральна щільність  $J_{\nu T} = 8 \cdot 10^{-20}$  Вт/(Гц·см<sup>2</sup>), а спектральна щільність  $J_{\nu K} = 5,2 \cdot 10^{-20}$  Вт/(Гц·см<sup>2</sup>). Для текстильних і інших матеріалів легкої промисловості в діапазоні міліметрових хвиль значення коефіцієнта  $\beta$  невідомо. Воно істотно відрізняється від значень  $\beta$  в оптичному інфрачервоному (ІЧ) діапазоні довжин хвиль, у яких «сірість» матеріалу визначається тільки його поверхневими властивостями. У діапазоні більше довгих радіохвиль коефіцієнт  $\beta$  визначається не тільки властивостями поверхні, але й більше глибинними структурами на відстані до 5-10 мм від поверхні. У цей час спектральну щільність випромінювання на заданій частоті можна визначати експериментально за допомогою вузькополосних радіочастотних радіометрів [8], і за результатами

виміру та відомій температурі нагрівання матеріалу визначати коефіцієнт його випромінювальної здатності. З формули (3), коефіцієнт комфортності по випромінювальній здатності матеріалу тим ближче до 100%, чим менше різниця випромінювальної здатності шкіри людини і досліджуваного матеріалу. Експериментальні дані по випромінювальній здатності широкого асортименту сучасних костюмних тканин різного сировинного складу при  $T = 310$  К на частоті 52 ГГц наведені на рис.2.

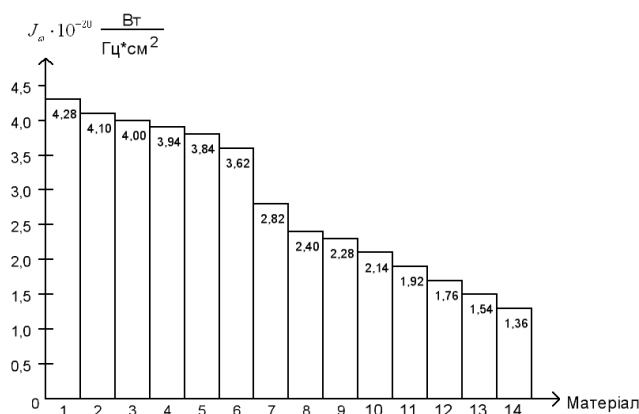


Рис.2. Спектральна щільність випромінювання тканин на частоті 52 ГГц при температурі 310 К: 1 – вовна (100%); 2 – льон (100%); 3 – вовна (70%) + шовк (30%); 4 – вовна (45%) + шовк (55%); 5 – бавовна (100%); 6 – шовк (100%); 7 – віскоза (100%); 8 – бавовна (65%) + полієфір (35%); 9 – бавовна (60%) + полієфір (40%); 10 – бавовна (55%) + полієфір (45%); 11 – бавовна (47%) + полієфір (53%); 12 – віскоза (55%) + полієфір (45%); 13 – полієфір (100%); 14 – поліамід (100%)

Як свідчать наведені дані, кращу комфортність по показнику випромінювальної здатності мають матеріали на основі натуральних волокон (бавовна, вовна, льон). Додавання в тканину хімічних волокон досить істотно знижує спектральну щільність випромінювання тканин, комфортність матеріалів.

### Висновки

Огляд існуючих підходів і методів оцінок комфортності матеріалів для одягу, а також способів об'єктивної оцінки функціонального стану людини показав, що сучасне поняття “комфорт одягу”, яке включає три складові – термо-фізіологічний, нейрофізіологічний і психофізіологічний комфорт, може бути доповнено четвертою складовою – частотно-польовим комфортом. В роботі обґрунтовано використання показника випромінювальної здатності матеріалу як критерію цієї складової, яка характеризує стан енергетичної узгодженості матеріалу зі шкірним покривом людини.

Автори висловлюють подяку проф. Яненко А.Ф. (НТУУ «КПІ») за надану високочутливу радіометричну систему міліметрового діапазону довжин хвиль, на якій були проведені експериментальні дослідження текстильних матеріалів.

### ЛІТЕРАТУРА

1. Супрун Н.П. Комфортність бар'єрного одягу та методи його оцінки // Вісник КНУТД. – 2005, – №6. – С.34–39.
2. Делль Р.А., Афанасьєва Р.Ф., Чубарова З.С. Гигиена одежды. – М.: Легпромбытиздат, 1991. – 160 с.

3. Девятков Н.Д., Голант М.Б., Бецкий О.В. Миллиметровые волны и их роль в процессах жизнедеятельности. – М.: Радио и связь, 1991. – 182 с.
4. Гуляев Ю.В. Физические поля и излучения человека: новые методы ранней диагностики // Биомедицинская радиоэлектроника. – М.: 2002, №12. – С.3–10
5. Ситько С.П., Скрипник Ю.А., Яненко А.Ф. Аппаратурное обеспечение современных технологий квантовой медицины. – К.: ФАДА, ЛТД. – 1999. – 199 с.
6. Бецкий О.В., Девятков Н.Д., Кислов В.В. Миллиметровые волны низкой интенсивности в медицине и биологии // Биомедицинская радиоэлектроника. 1998, №4. – С.13–29.
7. Nanzer J.A., Rogers R.L. Human Presence Detection Using Millimeter-Wave Radiometry // IEEE, Transactions on Microwave Theory & Techniques, vol.55, #12, December 2007. – P.2727–2733.
8. Скрипник Ю.А., Яненко А.Ф., Манойлов В.Ф. і ін. Мікрохвильова радіометрія фізичних і біологічних об'єктів під ред. Ю.А. Скрипника. – Житомир, Волинь. 2003. – 408 с.

Надійшла 09.06.2009

УДК 677.01

## ЗМІНИ ФІЗИЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ НИТОК ТКАНИН, ПРОСОЧЕНИХ РІЗНОЮ ВОДОЮ

О.В. ПРИЙМАК

Луцький національний технічний університет

*Проаналізовано результати експериментальних досліджень, зміну фізичних властивостей ниток тканин, просочених природною водою, та водою обробленою у природних магнітах. Виявлено, що нитки, які оброблені магнітною водою мають поліпшені фізичні властивості для підвищення якості текстильних матеріалів та інтенсифікації технологій*

Магнітна обробка води та розчинів широко застосовується у різних галузях економіки. Численні публікації присвячено будові апаратів для магнітної обробки, результатам теоретичних, експериментальних і практичних досліджень [1, 2]. Однак, незважаючи на велику кількість технологій застосування магнітної обробки у різних галузях економіки, теорія магнітної обробки і механізм впливу магнітного поля (МП) на воду і розчини недостатньо вивчені. В публікаціях є протилежна інформація і необґрунтовані висновки – від заперечення впливу магнітного поля на воду (особливо дистильовану) до позитивних рекомендацій із використання магнітної обробки практично в усіх технологічних процесах.

Є актуальним уточнення існуючих теоретичних уявлень про зміни фізичних властивостей ниток тканин, просочених різною водою на основі експериментальних досліджень та розробки конкретних енергоресурсозберігаючих текстильних технологій.

### **Об'єкти та методи дослідження**

Результатам теоретичних та експериментальних досліджень властивостей магнітної води та оброблених нею тканин присвячено ряд робіт [2,3]. Але відсутні дані про вплив природних магнітів